


 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)
(51) Internationale Patentklassifikation<sup>6</sup>:

C10J 3/00, 3/54, 3/82

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/55803

(43) Internationales

Veröffentlichungsdatum:

4. November 1999 (04.11.99)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/AT99/00102

(22) Internationales Anmeldedatum:

26. April 1999 (26.04.99)

(30) Prioritätsdaten:

15295/98

28. April 1998 (28.04.98)

HU

15297/98

28. April 1998 (28.04.98)

HU

(71)(72) Anmelder und Erfinder: BERGER, Bruno [AT/AT];  
 Josef Reiter Strasse 35, A-5280 Braunau (AT). ROSINGER,  
 Gregor [AT/AT]; Schleierfallstrasse 1, A-3292 Gaming  
 (AT).

(74) Anwalt: ROTEC GMBH & CO. KG; Haselbachstrasse 11,  
 A-4873 Frankenburg (AT).

(81) Bestimmungsstaaten: AL, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, CA,  
 CN, CZ, EE, GD, GE, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP,  
 KP, KR, LC, LK, LR, LT, LV, MG, MK, MN, MX, NO,  
 NZ, PL, RO, SD, SG, SI, SK, SL, TR, TT, UA, US, UZ,  
 VN, YU, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL,  
 SZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ,  
 MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY,  
 DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,  
 SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW,  
 ML, MR, NE, SN, TD, TG).

## Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen  
 Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen  
 eintreffen.

(54) Title: WASTE TO ENERGY METHOD FOR PRODUCING ELECTRICITY, WATER AND/OR HYDROGEN AND/OR  
 METHANOL FROM BIOMASS AND/OR ORGANIC WASTE

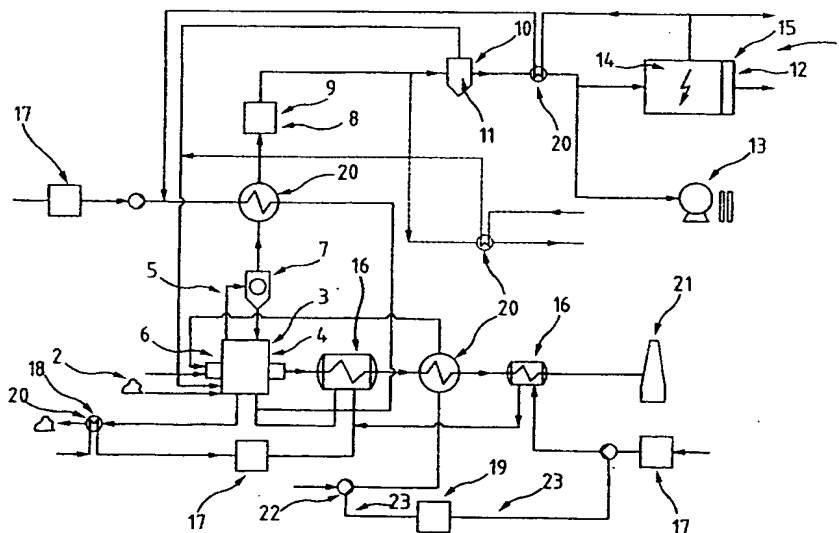
(54) Bezeichnung: WASTE TO ENERGY VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG VON STROM, WASSER- UND/ODER WASSERSTOFF  
 UND/ODER METHANOL AUS BIOMASSE UND/ODER ORGANISCHEN ABFÄLLEN

## (57) Abstract

The invention relates to a system for recycling biomass and/or organic waste, characterized in that it contains a reformer module which is connected to at least one heat generating device for heating a raw material and/or an oxidizing agent with at least one device for supplying a primary combustible and/or a secondary combustible, at least one respective device for supplying the at least partially gasifiable raw material and one oxidizing agent e.g. water vapour or the like, and at least one device for recovering a combustible crude gas and/or an off gas and/or a solid e.g. ashes or the like, in addition to a gas purification module (10) that has a filter (11), especially a metal membrane.

## (57) Zusammenfassung

Anlage zur Verwertung von Biomasse und/oder organischer Abfälle dadurch gekennzeichnet daß diese mit einem Reformermodule, welchem zumindest eine Wärmeerzeugungsvorrichtung zur Erhitzung eines Rohstoffes und/oder eines Oxidationsmittels mit zumindest einer Einrichtung zur Zufuhr des Primärbrennstoffes und/oder Sekundärbrennstoffes sowie zumindest jeweils einer Einrichtung zur Zufuhr des zumindest teilvergasungsfähigen Rohstoffes und eines Oxidationsmittels, z.B. Wasserdampf, oder dgl. und zumindest einer Einrichtung zur Ausbringung eines Brennstoffrohgas und/oder eines Abgases und/oder eines Feststoffes, z.B. Asche oder dgl. und mit einem Gasreinigungsmodul, das (10) ein Filter (11), insbesondere eine Metallmembran umfaßt, angeschlossen ist, ausgeführt ist.



# LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshjan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

## **Waste to Energy Verfahren zur Erzeugung von Strom, Wasser- und/oder Wasserstoff und/oder Methanol aus Biomasse und/oder organischen Abfällen.**

Die Erfindung betrifft eine Anlage sowie ein Verfahren zur Verwertung von Biomasse und/oder organischen Abfällen, gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1 bzw. Anspruches 21.

In der modernen Gesellschaft stellt die elektrische Energie unter anderem einen wichtigen Produktionsfaktor dar. Um diese zu erzeugen, werden heute üblicherweise Verfahren angewandt, die mit einer beträchtlichen Umweltschädigung verbunden sind, wie beispielsweise die Kohlenverstromung bzw. die Erzeugung von elektrischem Strom in Kernkraftwerken. Zum Unterschied dazu ist ein Ausbau von umweltfreundlichen Erzeugungsverfahren, wie beispielsweise der Wasserkraft, nur mehr in beschränktem Ausmaß möglich, bzw. sind alternative Verfahren wie etwa Sonnenkraft, Windkraft etc. im wesentlichen noch in der Pilotierungsphase bzw. sind diese Verfahren nicht überall einsetzbar.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anlage zur Verwertung von Biomasse und/oder organischen Abfällen zu schaffen, mit der es möglich ist, das Volumen an nicht verwertbaren Reststoffen weitestmöglich zu reduzieren.

Die Aufgabe der Erfindung wird durch die Merkmale im Kennzeichenteil des Anspruches 1 gelöst.

Von Vorteil ist dabei, daß Biomasse und/oder organische Abfälle, welche bislang nur mit großem technischen Aufwand verarbeitet werden konnten, auf einfache Weise einer sinnvollen Verwertung zugeführt werden können, womit sich auch das Volumen an Restmüll soweit reduzieren läßt, daß bei einer allfälligen Deponierung die in beschränktem Rahmen zur Verfügung stehenden Deponien besser ausgenutzt werden können. Damit ist es aber auch möglich, die Umwelt zu schonen, weil damit die Anzahl der benötigten Deponien verringert werden kann, bzw. es nicht mehr erforderlich ist, Deponien in einem Ausmaß anzulegen, wie es derzeit üblich ist. Zudem ist es mit dem modulartigen Aufbau in vorteilhafter Weise möglich, die Anlage bzw. die diversen Module in einem hohen Ausmaß vorzufertigen, so daß der Montageaufwand vor Ort gering gehalten werden kann, und ist es dadurch auch möglich, Wartungsarbeiten zu erleichtern bzw. Reparaturzeiten zu verkürzen. Außerdem ist es mit einem derartigen Aufbau möglich, bereits sehr kleine Anlagen wirtschaftlich zu betreiben, und weisen derartige Anlagen im allgemeinen aufgrund der weitestgehenden Brennstoffunempfindlichkeit eine hohe Betriebssicherheit auf, insbesondere da die Verschlackungsgefahr gering gehalten werden kann. Mit einer derartigen Anlage ist es weiters auch möglich, eine Wasserstoff und – oder Methanol – Infrastruktur für lokale Bereiche aufzubauen und z.B. aus der Teilvergasung und Oxidation entstandenen Wasserstoff und/oder Methanol zum Beispiel in bereits vorhandene Erdgasnetze einzuleiten und somit für Heizzwecke oder dergleichen zur Verfügung zu stellen. Von Vorteil ist es aber auch, daß aufgrund der geringen Anlagengröße eine Dezentralisierung möglich ist, so daß Förderwege für die erzeugten Produkte verringert werden können. Mit derartigen dezentralen Anlagen kann in der Folge für die Agrarwirtschaft eine zusätzliche Erwerbsmöglichkeit eröffnet

werden, welche besonders in wirtschaftlich schwächeren Gebieten vorteilhaft ist. Außerdem können mit diesen Anlagen mit Vorteil alle organischen Materialien, wie zum Beispiel Kunststoffe, ohne Risiko einer eventuellen Dioxin- bzw. PCP – Bildung entsorgt werden, da Dioxin und PCP bei derartigen Anlagen üblicherweise gecrackt werden, so daß in der Folge auch auf eine teure Abgasreinigung verzichtet werden kann. Eventuell in den Rohstoffen vorhandene Schwermetalle können im Atomgitter der entstehenden Asche eingebunden werden und somit einer sicheren Entsorgung zugeführt werden. Andererseits ist es möglich, daß besonders bei Verwendung von Biomasse aus dem Agrarbereich die entstehende Asche als Dünger ausgebracht werden kann.

Von Vorteil ist aber auch eine Ausbildung nach Anspruch 2, wonach es mit einfachen Mitteln möglich ist, das bei der Vergasung der Rohstoffe entstandene Brennstoffrohgas in hochreinen Wasserstoff und ein sogenanntes Schwachgas aufzutrennen, so daß dieses Schwachgas beispielsweise in der thermischen Verwertung in der Anlage verwendet werden kann und für den Wasserstoff keine zusätzliche Reinigung erforderlich ist.

Dabei ist eine Ausbildung nach Anspruch 3 vorteilhaft, da der im Brennstoffrohgas enthaltene Wasserstoff durch derartige Metallegierungen leicht diffundieren kann, und andererseits das Filter aus diesen Metallegierungen weitestgehend unempfindlich vor zum Beispiel oxidativen Einflüssen ist.

Mit einer Ausbildung nach Anspruch 4 kann mit Vorteil erreicht werden, daß die Ausmaße des Gasreinigungsmoduls bei hohem Wasserstoffdurchsatz gering gehalten werden können.

Von Vorteil ist aber auch eine Ausbildung nach Anspruch 5, wonach das Reformermodule als Wirbelschichtreaktor ausgebildet ist, da damit eine gute Durchmischung der Rohstoffe mit dem Oxidationsmittel erreicht werden kann, und so der Wirkungsgrad der Anlage 1 gesteigert werden kann.

Durch die Verwendung eines Pulsbrenners oder Röhrenbrenners für das Energieerzeugungsmodul nach Anspruch 6 wird mit Vorteil erreicht, daß die erforderliche Heizfläche gering gehalten werden kann und somit die Ausmaße des Reformermoduls auf vorbestimmbare gewünschte Produktionsdurchsätze abgestellt werden können.

Von Vorteil ist aber auch eine Ausbildung nach Anspruch 7, wonach die mit dem Brennstoffrohgas abgeführte Wärme aus dem Reformermodule zurückgewonnen und dem Prozeß erneut zur Verfügung gestellt werden kann. Damit ist mit Vorteil eine Einsparung an Primärbrenngasen, wie zum Beispiel Erdgas, möglich.

Die Verwendung eines Dampferzeugermoduls zur Verdampfung des Oxidationsmittels nach Anspruch 8 kann in vorteilhafter Weise zu einer Einsparung an Primärbrennstoffen führen, da es damit möglich ist, das Oxidationsmittel bereits außerhalb des Reformermoduls zu vergasen, beispielsweise durch die Abwärme aus dem Reformermodule. Damit kann aber nicht nur eine Steigerung des Wirkungsgrades der Anlage erreicht werden, sondern ist es auch möglich, die Temperaturschwankungen im Reformermodule, welche etwa durch das Einbringen eines flüssigen Oxidationsmittels entstehen können, gering zu halten.

Von Vorteil ist aber auch eine Ausbildung nach Anspruch 9, da damit mit dem Brennstoffgas mitgeführte Staubpartikel aus dem Reformermodule einfach abgeschieden und diese bei einer allfälligen unvollständigen Umsetzung somit dem Vergasungsprozeß erneut zugeführt werden können. Zudem ist es dadurch möglich, nachgeschaltete Anlagenteile vor einer eventuellen Verkrustung zu schützen bzw. diese auf schonende Weise zu betreiben.

Durch die Anordnung eines Oxidationsmoduls nach Anspruch 10 kann erreicht werden, daß das aufgrund der vorherrschenden Reaktionsbedingungen entstehende Kohlenmonoxid, insbesondere der darin enthaltene Kohlenstoff, weiter oxidiert werden kann, und ist es somit möglich, die Ausbeute an Wasserstoff zu erhöhen.

Durch die Anordnung eines Energieerzeugungsmoduls nach Anspruch 11 ist es auch vorteilhafte Weise möglich, elektrische Energie umweltschonend zu erzeugen, da insbesondere wenn Wasserstoff als Rohstoff für das Energieerzeugungsmodul verwendet wird, vorwiegend chemisch reines Wasser erzeugt wird. Damit ist es aber auch möglich, einerseits das Oxidationsmittel für den Prozeß selbst her- und zur Verfügung zu stellen, andererseits ein etwaiger Überschuß beispielsweise als Trinkwasser Verwendung finden.

Es ist aber auch eine Ausbildung nach den Ansprüchen 12 und 13 möglich, wonach ein automatischer Dauerbetrieb der Anlage aufrechterhalten werden kann. Es ist auf diese Weise möglich, den Personalaufwand zur Betreibung derartiger Anlagen gering zu halten.

Durch die Anordnung einer Sortiervorrichtung in der Anlage nach den Ansprüchen 14 und 15 können auf vorteilhafte Weise Rohstoffe unterschiedlicher Zusammensetzung verwendet werden und ist es beispielsweise möglich, die Anlage in ein Gesamtkonzept zur Müllverwertung zu integrieren, da damit nicht vergasungsfähige Rohstoffanteile, wie zum Beispiel Metalle, aussortiert und einer allfälligen Wiederverwertung, z.B. einem Schmelzprozeß, zugeführt werden können.

Durch eine Weiterbildung, wie sie in Anspruch 16 beschrieben ist, können mit Vorteil auch solche Rohstoffe eingesetzt werden, die im allgemeinen als Sondermüll vorwiegend einer Deponierung zugeführt werden müssen.

Durch Weiterbildungen, wie sie in den Ansprüchen 17 und 18 beschrieben sind, ist es auch vorteilhafter Weise möglich, die Emissionswerte der Anlage zu niedrigem Niveau zu halten. Damit ist ein umweltschonendes Betreiben der Anlage möglich.

Von Vorteil ist aber auch eine Ausbildung nach Anspruch 19, da es damit möglich ist, saisonal bedingte Schwankungen der Rohstoffquantität auszugleichen, und so ist damit beispielsweise ein kontinuierlicher Betrieb des Energieerzeugungsmoduls möglich.

Durch die Verwendung eines Entschwefelungsmoduls nach Anspruch 20 ist es auf vorteilhafte Weise möglich, schwefelhaltige Rohstoffe einzusetzen, und es kann somit eine korrosive Beanspruchung diverser Anlagenteile durch beispielsweise Schwefelwasserstoff vermindert werden.

Die Aufgabe der Erfindung wird aber auch durch ein Verfahren gemäß Anspruch 21 gelöst. Von Vorteil ist bei einer derartigen Verfahrensweise, daß es durch die Einstellung einer Partialdruckdifferenz möglich ist, den Output der Produktion an Wasserstoff und / oder Methanol zu steuern und so eventuelle Schwankungen beim Betrieb der Anlage auszugleichen.

Zum besseren Verständnis wird die Erfindung im nachfolgenden anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 Ein schematisches Fließbild einer erfindungsgemäßen Anlage

Fig. 2 Ein vereinfachtes Fließschema einer Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Anlage

Einführend sei festgehalten, daß in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilzeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilzeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z. B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen. Weiters können auch Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen für sich eigenständige, erfinderische oder erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

In Fig. 1 ist das Fließschema einer erfindungsgemäßen Anlage 1 gezeigt. Diese Anlage 1 dient vor allem zur Erzeugung von Wasserstoff, Wasser und elektrischer Energie, jedoch können damit selbstverständlich andere Produkte, wie beispielsweise kohlenmonoxid- und wasserstoffhaltige Gase wie etwa Synthesegas, Methanol, Generatorgas, Wassergas, Schwefelwasserstoff, Schwefel, Gips, Wärme oder dergleichen erzeugt werden.

Zur Erzeugung der gewünschten Produkte werden Rohstoffe 2 einem Reformermodule 3 zugeführt. Als Rohstoffe 2 können dabei vermischte oder sortenreine Biomasse, wie z.B. diverse einjährige oder mehrjährige Pflanzensorten, aber auch Müll jeglicher Art, wie etwa Kunststoffabfälle, Abfälle aus organischem Material oder dergleichen, Verwendung finden. Wie im folgenden noch detailliert beschrieben, ist es unter Umständen erforderlich, den Müll vorher einer separaten Aufarbeitung zu unterziehen. Selbstverständlich können sämtliche Rohstoffe untereinander vermischt sein.

Von besonderem Vorteil ist es bei der erfindungsgemäßen Anlage 1, daß damit auch sogenannter Sondermüll verarbeitet werden kann. So ist es z.B. möglich, das Reformermodule 3 mit Krankenhausabfällen, welche ansonsten einer Deponierung zugeführt werden müßten, zu beschicken. Ebenso können beispielsweise radioaktiv verseuchtes Holz oder dergleichen, in der erfindungsgemäßen Anlage 1 so verarbeitet werden, daß das Volumen an zu deponierenden Restmüll deutlich verringert werden kann und somit die Deponierung

dieses Restmülls, z. B. die Vergasung, einfacher zu handhaben und wirtschaftlich günstiger ist.

Das Reformermodule 3 ist bevorzugt als Wirbelschichtreaktor 4 ausgeführt und soll eine Teilvergasung sowie eine Teiloxidation des Rohstoffes 2 ermöglichen. Dazu können die Rohstoffe 2 über geeignete, aus dem Stand der Technik bekannte Fördermittel, wie beispielsweise Schneckenförderer, Bandförderer oder dergleichen, in das Reformermodule 3 eingebracht werden und unter Druck und bei erhöhter Temperatur einer oxidativen Behandlung ausgesetzt werden. Die Temperatur kann dabei im Bereich zwischen 500°C und 1000°C, bevorzugt 600°C und 850°C liegen. Als Oxidationsmittel kann Wasserdampf verwendet werden, sodaß im wesentlichen der Kohlenstoff zu Kohlenmonoxid teiloxydiert wird und zusätzlich Wasserstoff entstehen kann. Der Gehalt an Kohlenmonoxid im entstehenden Brennstoffgas 5 ist dabei abhängig vom gewählten Druck und von der gewählten Temperatur und kann insbesondere das Verhältnis von Kohlenmonoxid zu Kohlendioxid unter Berücksichtigung des Boudard-Gleichgewichtes in bestimmten Grenzen vorherbestimmt werden. Vorzugsweise wird die Reaktionsführung so gewählt, daß das Brennstoffgas 5 einen hohen Anteil an Kohlenmonoxid enthält, da dieses in einem späteren Verfahrensschritt ebenfalls zur Wasserstoffproduktion herangezogen werden kann.

Selbstverständlich ist es möglich, anstelle des Wirbelschichtreaktors 4 andere aus dem Stand der Technik bekannte Reaktortypen, wie sie beispielsweise aus der Koppers – Totzk – Vergasung oder der Lurgi – Druck – Vergasung bekannt sind, zu verwenden. Ebenso können natürlich Festbettreaktoren Verwendung finden bzw. ist es auch möglich, mehrere Reformermodule 3 in Kombination, insbesondere parallel geschaltet, einzusetzen.

Ist das Reformermodule 3 als Wirbelschichtreaktor 4 ausgebildet, so besteht die Möglichkeit, den zur Etablierung der Reaktion erforderlichen Dampf als Fluidisierungsmedium auszunützen.

Vorzugsweise ist dem Reformermodule 3 zumindest eine Wärmeerzeugungsvorrichtung 6 zugeordnet, die als sogenannter Pulsbrenner oder Röhrenbrenner ausgebildet sein kann. Selbstverständlich ist es aber auch möglich, andere Brenntypen, wie beispielsweise Flächenbrenner, als Wärmeerzeugungsvorrichtung 6 zu verwenden bzw. ist es möglich, die Rohstoffe 2 mittels elektrischer Energie zu erhitzen bzw. vorzuwärmen, wobei hierzu beispielsweise Infrarotbrenner, denen eine insbesondere keramisches Strahlungselement zugeordnet sein kann, zu verwenden. Natürlich ist es auch möglich, derartige Infrarotbrenner mit brennfähigen Gasen, z. B. mit einem aus der Produktion entnommenen Anteil des Brennstoffgases 5, zu betreiben.

Durch die bevorzugte Ausbildung der Wärmeerzeugungsvorrichtung 6 als Pulsbrenner oder Röhrenbrenner können die Probleme gelöst werden, die sich aufgrund der Einbringung der erforderlichen Wärme in das Reformermodule 3, insbesondere einen Dampfreaktor, ergeben. Ist nämlich das Reformermodule als Wirbelschichtreaktor 4 ausgebildet, so ist dessen Größe durch die Gesetze der Fluidisierung des Wirbelbettes begrenzt, und damit auch die Fläche, die möglicherweise zur Wärmeerzeugung bzw. – übertragung zur Verfügung steht. Zusätzlich zur Verwendung von Pulsbrenner oder Röhrenbrenner besteht natürlich

auch die Möglichkeit, die Rohstoffe 2 entsprechend vorzuwärmen bzw. den Wirbelschichtreaktor 4 so auszuführen, daß mehrere kommunizierende Wirbelschichten zur Verfügung stehen, wobei eine erste Wirbelschicht als Aufheizteil und eine zweite als endothermer Teil genutzt werden kann (die im Reformiermodul 3 ablaufenden Reaktionen sind im wesentlichen endotherm). Im Falle der Ausführung als Pulsbrenner kann dieser dabei aus einer Brennkammer und einem nachfolgenden Resonanzrohr bestehen, wobei die Verbrennung nicht stationär stattfindet, sondern sich vielmehr eine Pulsation etabliert. Die Frequenz der Pulse wird dabei durch die Länge des Resonanzrohres festgelegt und kann bevorzugt gerade einem Viertel der Wellenlänge der sich auszubildenden Schwingung entsprechen. Damit kann mit Vorteil der physikalische Effekt erreicht werden, daß die Wärmeübertragung im Resonanzrohr gegenüber einer stationären Beheizung bei gleicher mittlerer Temperatur um den Faktor 4 bis 5 ansteigen kann, und sich somit die erforderliche Heizfläche im Pulsbrenner auf ein Maß reduzieren läßt, welches die Integration der Heizfläche in das Wirbelbett des Reformiermoduls 3 ermöglicht.

Zusätzlich zu diesem Effekt kann ein Pulsbrenner bzw. Röhrenbrenner eine Schallemission hervorrufen, die auf vorteilhafte Weise im Reformier vergleichmäßigend wirkt, und einen Queraustausch von Feststoffen und Gasen im Wirbelbett unterstützt. Damit ist es auch möglich, eine Verschlackung des Wirbelbettes zu vermeiden.

Selbstverständlich ist es aber auch möglich, daß einer Wärmeerzeugungsvorrichtung 6 mehrere Pulsbrenner zugeordnet sind.

Das ausgetriebene und teiloxidierte Brennstoffrohgas 5 wird bevorzugt im oberen Bereich des Reformiermoduls 3 abgezogen und einem Entstaubungsmodul 7 zugeführt. Dieses Entstaubungsmodul 7 kann beispielsweise als Massenkraftabscheider, wie z. B. als Zyklon, als Staubabsatzkammer, als Tuchfilter, als Elektrofilter oder aber auch als Naßabscheider, wie z. B. als Venturiwäscher, ausgeführt sein. Mit Hilfe dieses Entstaubungsmoduls 7 wird eventuell mit dem Brennstoffrohgas 5 aus dem Reformiermodul 3 ausgetragener Rohstoffstaub abgeschieden, der vorzugsweise dem Reformiermodul 3 wieder zugeführt wird, um eventuell noch enthaltene, nicht umgesetzte Anteile der Verwertung wieder zuzuführen bzw. nicht vergasungsfähige Reststoffe über den Ascheaustrag des Reformiermoduls 3 auszubringen. Andererseits ist es natürlich auch möglich, daß das Entstaubungsmodul 7 einen eigenen Staubaustrag umfaßt, und können die damit abgetrennten Staubanteile des Brennstoffrohgasen einer Nachbehandlung zugeführt werden.

Das so entstaubte Brennstoffrohgas 5, welches, wie bereits erwähnt, bevorzugt aus Kohlenmonoxyd und Wasserstoff besteht, kann in der Folge einem Oxidationsmodul 8 zugeführt werden. Dieses Oxidationsmodul 8 kann beispielsweise als dem Stand der Technik entsprechender Shift-Reaktor 9 ausgeführt sein, und dient vornehmlich der Oxidation des im Brennstoffrohgas 5 mitgeführten Kohlenmonoxids. Vorzugsweise wird dabei ein Wirkungsgrad erzielt, der im Bereich zwischen 0.8 bis 0.95 liegen kann. Als Oxidationsmittel kann auch hier wiederum Wasserdampf verwendet werden, sodaß neben Kohlendioxid zusätzlich Wasserstoff entsteht und somit die Gesamtausbeute an Wasserstoff erhöht werden kann. Selbstverständlich ist es aber auch möglich, daß andere Oxidationsmittel zur Oxidation des Kohlenstoffes im Kohlenmonoxid herangezogen werden.



Andererseits ist es möglich, sofern die Anlage nicht nur primär auf die Erzeugung von Wasserstoff bzw. elektrischer Energie abzielt, dieses Brennstoffrohgas 5 entweder direkt einer Verbrennung zuzuführen, oder dieses dahingehend aufzuarbeiten, daß im wesentlichen Synthesegas als Endprodukt für eine Reihe von möglichen chemischen Verfahren wie z.B. der Synthetisierung von Methanol zur Verfügung steht.

Vorzugsweise enthält das Brennstoffrohgas 5, wenn es das Oxidationsmodul 8 verläßt, zwischen 50 Vol-% und 70 Vol-%, insbesondere 60 Vol% Wasserstoff.

Zur weiteren Aufarbeitung des Brennstoffrohgas 5 kann dieses einem Gasreinigungsmodul 10 zugeführt werden. Dieses Gasreinigungsmodul 10 kann dabei einen Filter 11, insbesondere einen Metallmembranfilter, umfassen, der bevorzugt aus einer Legierung aus Pd-Cu, Pd-Ag oder dergleichen besteht und Palladium den Hauptlegierungsbestandteil bildet. Im wesentlichen sollte dieser Filter 11 so ausgeführt sein, daß es möglich ist, daß ausschließlich Wasserstoff durch diesen Filter 11 diffundieren kann und somit eine Auftrennung bzw. Abtrennung des Wasserstoffs aus dem Brennstoffrohgas 5 möglich ist.

Wasserstoff besitzt bekanntlich die Eigenschaft, durch Dissoziation als Atom durch Metallschichten diffundieren zu können. Treibende Kraft für diese Diffusion ist die Partialdruckdifferenz, die sich vor und hinter dem Filter 11 aufbaut. Mit einem derartigen Gasreinigungsmodul 10 ist es also möglich, Wasserstoff mit einer Reinheit herzustellen, welche mit dem Stand der Technik entsprechenden Herstellungsmethoden üblicherweise nicht erreicht werden kann.

Neben den genannten Legierungen ist es auch möglich, z. B. Vanadium und/oder Niob, als Werkstoff für das Filter 11 für die physikalisch/chemische Abtrennung des Wasserstoffs zu verwenden. Diese Metalle weisen normalerweise bei gleicher Partialdruckdifferenz eine größere Diffusionsgeschwindigkeit für Wasserstoff auf, sind jedoch mit dem Nachteil behaftet, daß sich deren Oberfläche schnell mit einer Oxidschicht überzieht und dadurch die Oberfläche weitestgehend inertisiert wird. Es ist jedoch möglich, derartige Oberflächen mit oxidationsunempfindlichen Metallen, wie beispielsweise Palladium oder gleichwirkenden Werkstoffen zu beschichten, sodaß in Summe gesehen eine Steigerung der Diffusionsgeschwindigkeit des Wasserstoffs erreicht werden kann. Jedenfalls sollten die verwendeten Metalle bzw. Metallegierungen eine „Porengröße“ aufweisen, die ausschließlich ein Diffundieren des Wasserstoffs ermöglichen, und kann damit bei beschichteten oxidationsempfindlichen Filtern 11 ein Eindringen des Sauerstoffs in das Innere des Filters 11 verhindert werden.

Selbstverständlich ist es aber auch möglich, anstelle des Metallmembranfilters für den Filter 11 andere Gasreinigungsvorrichtungen zu verwenden. Beispielsweise ist es möglich, daß Brennstoffrohgas 5 auf einer kreisförmigen Bahn so zu beschleunigen, daß aufgrund der einwirkenden Kräfte eine Auftrennung des Brennstoffrohgas 5 in einzelne Gasfraktionen erfolgt. Diese Gasfraktionen besitzen dann üblicherweise ein einheitliches Molekulargewicht, da die Fliehkraft proportional zur Masse der einzelnen Molekülsorten ist. Es ist also somit möglich, wiederum Reingase herzustellen, wobei es aber zum Unterschied zu obiger Ausführung dabei möglich ist, das Brennstoffrohgas 5 soweit aufzutrennen, daß beispielsweise die

üblicherweise vorhandenen Nebenbestandteile wie Reste von Kohlenmonoxid, Methan, Methanol, aber auch Kohlendioxid, getrennt abgezogen und einer gesonderten Verwertung zugeführt werden können, bzw. ist es damit möglich, ein sogenanntes Schwachgas für Heizzwecke zur Verfügung zu stellen, welches vornehmlich brennbare Gase enthält, da, wie bereits erwähnt, Kohlendioxid gesondert abgezogen werden kann.

Selbstverständlich muß die Auftrennung aber nicht so weit erfolgen, daß jede Molekülsorte gesondert abgetrennt wird, sondern ist es insbesondere möglich, Molekulargewichtsfractionen zu erhalten. Jedenfalls sollte aber hochkonzentrierter Wasserstoff erhalten werden.

Es ist aber auch möglich, bei einer Ausbildung des Filters 11 als Metallmembranfilter das entstehende Schwachgas, welches noch brennbare Bestandteile, wie beispielsweise Methan, enthält, insbesondere dem Reformermodule 3, im speziellen der Wärmeerzeugungsvorrichtung 6, zuzuführen, womit Primärbrennstoff, im speziellen Erdgas, eingespart bzw. ersetzt werden kann.

Der Filter 11 kann beispielsweise als Plattenfilter, Rohrfilter oder dergleichen ausgebildet sein, wobei es insbesondere möglich ist, mehrere Rohre zu einem Rohrbündel zusammenzufassen und damit die Ausmaße des Gasreinigungsmoduls 10 gering zu halten.

Vorzugsweise wird der Filter 11, insbesondere der Metallmembranfilter bei erhöhter Temperatur betrieben, da damit eine Steigerung der Diffusionsgeschwindigkeit erreicht werden kann. Eine Erwärmung des Filters 11 kann einerseits durch das Brennstoffrohrgas 5 selbst erzielt werden, da es einen aus dem Reformermodule 3 stammenden Wärmeenergiegehalt mitführt, andererseits ist es natürlich möglich, das Gasreinigungsmodul 10, insbesondere den Filter 11, gesondert zu beheizen. Diese Beheizung kann dabei elektrisch oder mit brennbaren Gasen erfolgen bzw. ist es möglich, Strahlungswärme zur Beheizung auszunützen.

Der entstandene abgetrennte Wasserstoff kann in der Folge einem Energieerzeugungsmodul 12 oder einem Speichermodule 13 zugeführt werden. Denkbar sind jedoch auch Varianten, bei denen ein Teilstrom des Wasserstoffs zur Energieerzeugung verwendet wird, und der Rest entweder gespeichert oder einem Endverbraucher zugeführt wird. So ist es beispielsweise möglich, daß an die erfindungsgemäße Anlage 1 über geeignete Fördereinrichtungen, z. B. Rohrleitungen, chemische Produktionsbetriebe, wie etwa Ammoniakproduzenten, die z. B. nach dem Haber-Bosch-Verfahren arbeiten bzw. eine in die WTE-Anlage integrierte Methanolproduktion oder dergleichen, anzuschließen. Die erfindungsgemäße Anlage 1 kann auch Bestandteil von Erdölraffinerien sein, um somit den notwendigen Wasserstoff für das Cracken des Rohöls unmittelbar und in ausreichender Menge zur Verfügung zu haben. Da die Einsatzmöglichkeit von Wasserstoff in der chemischen Industrie unzählig sind, sollen die angeführten Beispiele nicht limitierend verstanden werden.

Möglich ist es aber auch, den Wasserstoff einer direkten Verbrennung zuzuführen, wobei als Abgas sauberes Wasser bzw. Wasserdampf entsteht und somit die Umwelt geschont werden kann.

Als Speichermodul 13, welches insbesondere auch als Zwischenspeicher zur Überbrückung von eventuell saisonal bedingten Schwankungen in der Rohstoffmenge herangezogen werden kann, ist es möglich, dem Stand der Technik entsprechende Behälter, beispielsweise Kugelspeicher, zu verwenden. Andererseits ist es aber auch möglich, den Wasserstoff in sogenannten Hydridspeichern zu lagern. Geeignete Metalle, wie z. B. Beispiel Palladium, welches zwischen 500 und 900 Raumteilen Wasserstoff aufnehmen kann, können somit als Energiespeicher genutzt werden, da die Wasserstoffaufnahme üblicherweise reversibel ist.

Das Energieerzeugungsmodul 12 kann bevorzugt zumindest eine Brennstoffzelle 14 zur Energieerzeugung umfassen. In den vorzugsweise verwendeten Brennstoffzellen 14 werden Wasserstoff und Sauerstoff, welcher entweder rein oder in Form von Luft eingesetzt werden kann, zu Wasser rekombiniert. Die Rekombination erfolgt an katalytisch wirkenden Elektroden, wodurch in Umkehr der Wasserelektrolyse elektrische Energie in Form von Gleichstrom entsteht. Vorzugsweise werden auf der PEM-Technologie (Polyme-Elektrolyt-Membran) basierende Elektroden eingesetzt. Das bei der Reaktion des Wasserstoffs mit dem Sauerstoff entstehende Wasser ist üblicherweise chemisch rein und kann als Trinkwasser verwendet werden bzw. kann das entstehende Wasser dem Prozeß, insbesondere dem Reformersmodul 3 bzw. dem Oxydationsmodul 8, zugeführt werden, wodurch sich einerseits die zusätzlich benötigte Wassermenge reduzieren läßt, und andererseits die Menge an Hilfsstoffen, beispielsweise Entsalzungskemikalien für das zugeführte Primärwasser, verringern und somit die Umwelt geschont werden kann.

Selbstverständlich ist es aber auch möglich, andere, insbesondere dem Stand der Technik entsprechende Brennstoffzellen 14, zur Erzeugung von elektrischem Strom zu verwenden. Beispielsweise ist es denkbar, daß als Elektrolyt sogenannte Karbonatschmelzen verwendet werden, sodaß es in der Folge möglich ist, bzw. zwingend erforderlich, den Brennstoffzellen 14 ein Gas zuzuführen, welches Kohlendioxyd enthält, da das Verbrennungsmittel mit Sauerstoff zu Karbonationen an der Kathode umgesetzt wird. Andererseits ist es möglich, mit phosphorsäurehaltigen Elektrolyten zu arbeiten, bzw. sogenannte „solid-oxide“-Brennstoffzellen, auch als Hochtemperatur-Brennstoffzellen bekannt, zu verwenden.

Keinesfalls sollten jedoch der Brennstoffzelle 14 ein stickstoffoxid- und schwefelhaltiges Brenngas zugeführt werden, da damit eine vorzeitige Verminderung der Leistungsfähigkeit der Brennstoffzelle 14 verbunden sein kann.

Die Elektroden der Brennstoffzelle 14 sollten vorzugsweise so ausgeführt sein, daß sie eine Porenstruktur aufweisen, welche den Kontakt der drei Phasen, d.h. des Brenngases, des Elektrolyts sowie der Elektrode bzw. dem Katalysator, beispielsweise aufgrund von wirkenden Kapillarkräften, ermöglichen. Andererseits sollte jedoch ein Überströmen des Elektrolyten in einen der Verbrennungsräume verhindert werden.

Da aufgrund der Reaktionsweise bei der Verbrennung des Brenngases – der Wasserstoff gibt der Anode unter Oxidation seine Elektronen ab und der Sauerstoff nimmt diese Elektronen an der Kathode auf, sodaß neben dem aufgrund der fließenden Elektronen entstehenden elektrischen Strom auch Wasser entsteht – Gleichstrom erzeugt wird, ist dem Energieerzeugungsmodul 12, bevorzugt ein Wechselrichter 15, zugeordnet, sodaß beispielsweise eine Einspeisung des entstehenden Stroms in ein Energieversorgungsnetz möglich wird.

Bezogen auf den hohen Heizwert von Wasserstoff können damit in etwa 40-70 % der Wärmeenergie des Wasserstoffs in elektrische Energie umgewandelt werden. Neben den aufgezählten Modulen kann die erfindungsgemäße Anlage 1 weiters zumindest ein Dampferzeugermodul 16 zur Erzeugung und Überhitzung des Dampfes für das Reformiermodul 3, ein weiteres Gasreinigungsmodul 10 zur Abscheidung von Staub und sauren Bestandteilen des Rauchgases, ein Wasseraufbereitungsmodul 17, ein Rückkühlmodul 18, diverse Steuer- und/oder Regeleinrichtungen 19 sowie diverse sicherheitstechnische Einrichtungen umfassen.

So ist es beispielsweise möglich, Abgase, die aus dem Reformiermodul 3 stammen, durch ein erstes Dampferzeugungsmodul 16, einen anschließenden Wärmetauscher 20 und ein zweites Dampferzeugungsmodul 16 zu leiten, bevor sie die Anlage 1 über z.B. einen Kamin 21 verlassen. Damit kann einerseits das vorzugsweise im Gegenstrom geführte Reaktionswasser für das Reformiermodul 3 soweit erhitzt werden, daß es als dampfförmiges Oxidationsmittel in das Reformiermodul 3 eingeleitet werden kann.

Andererseits kann mit dem vorzugsweise dazwischengeschalteten Wärmetauscher 20 die für die Verbrennung benötigte Luft vorerwärmt werden, wodurch wertvolle Primärenergie, insbesondere Erdgas, eingespart werden kann, welches der Wärmeerzeugungsvorrichtung 6 zum Anfahren der Anlage 1 und/oder zur Aufrechterhaltung der Reaktion neben dem Schwachgas, welches in der Anlage 1 erzeugt und über das Gasreinigungsmodul 10 abgetrennt wird, zugeführt wird.

Weiters ist es möglich, daß die aus dem Reformiermodul 3 über diverse geeignete Fördereinrichtungen, beispielsweise Schneckenförderer, diskontinuierlich oder kontinuierlich ausgebrachte Asche zur Erwärmung des Oxidationswassers ausgenutzt wird. Dazu kann im Bereich des Ascheaustrags ebenfalls ein Wärmetauscher 20 vorhanden sein.

Oxidationswasser kann zusätzlich noch über einen Wärmetauscher 20 vorerhitzt werden, welcher bevorzugt zwischen dem Entstaubungsmodul 7 und dem Oxidationsmodul 8 angeordnet ist.

Weiters kann ein Wärmetauscher 20 zwischen dem Gasreinigungsmodul und dem Energieerzeugungsmodul angeordnet sein, sofern dies erforderlich ist. Damit kann mit Vorteil eine Schonung des Energieerzeugungsmoduls 12 erreicht werden, beispielsweise wenn dieses als  $H_2/O_2$  - Brennstoffzelle ausgeführt ist. Mit der in diesem Wärmetauscher 20 abgeführten Wärme ist es möglich, Wasser, welches aus der Oxidation in einem Energieerzeugungsmodul 12 entsteht, vorzuwärmen und dieses wiederum dem Reformiermodul 3 und/oder dem Oxidationsmodul 8 zuzuführen.

Selbstverständlich ist es auch möglich, sollte ein Teil des Brennstoffrohrgases 5 vor dem Gasreinigungsmodul 12 zur Verbrennung und damit zur Wärmeerzeugung, z. B. für Heizzwecke für diverse private Haushalte, abgezweigt werden, daß in diesem Brennstoffrohrgasstrom ein Wärmetauscher 20 angeordnet ist, wie dies in Fig. 1 strichliert dargestellt ist. Mit Hilfe dieses Wärmetauschers 20 kann ebenfalls wiederum Wasser, welches für den Betrieb der Anlage 1 benötigt wird, vorerwärmt werden. Durch die Abzweigung eines Teiles des Brennstoffrohrgases 5 vor dem

Gasreinigungsmodul 12 kann zudem der Durchsatz und damit die Auslastung des Energieerzeugungsmodul 12 auf einfache Weise geregelt werden, und es ist damit möglich, eine eventuelle Überproduktion abzuführen.

Die Wärmetauscher 20 werden vorzugsweise so ausgeführt, daß sie aus Werkstoffen gefertigt sind, welche einen hohen Wärmeübergangskoeffizienten aufweisen, z.B. Kupfer, Aluminium, Kupferlegierungen oder dergleichen. Werden mit dem Brennstoffrohgas korrosive Medien, wie z. B. Schwefelwasserstoff, mitgeführt, können selbstverständlich diverse Wärmetauscherteile aus korrosionsfesten Materialien ausgeführt sein, bzw. können diese korrosionsfesten Überzüge aufweisen.

Vorzugsweise arbeiten die Wärmetauscher 20 nach dem Gegenstromprinzip, jedoch sind auch sämtliche anderen möglichen Strömungsverläufe, wie beispielsweise Kreuzstrom, Querstrom, Gleichstrom oder dergleichen möglich.

Um eine möglichst hohe Wärmeübertragung vom Medium mit der höheren Temperatur auf das Medium mit der geringeren Temperatur zu erreichen, durchströmt vorzugsweise zumindest ein Medium die Wärmetauscher 20 mit turbulenter Strömung, d.h. daß die Reynold's-Zahl, welche zur Unterscheidung zwischen laminarer und turbulenter Strömung herangezogen werden kann, größer 2320, vorzugsweise größer  $10^4$ , ist. Damit kann eine Erhöhung des Wertes für die Nußeltzahl, welche unter anderem eine Funktion der Reynold's-Zahl und des Wärmeübergangskoeffizienten ist, und somit eine verbesserte Wärmeübertragung erreicht werden.

Als Wärmetauscher können sämtliche dem Stand der Technik entsprechende Bauformen, die für diesen Zweck geeignet sind, wie beispielsweise Plattenwärmetauscher, Rohrwärmetauscher, Rohrbündelwärmetauscher, Schlangenwärmetauscher, Spiralwärmetauscher oder dergleichen, eingesetzt werden.

Insbesondere ist es möglich, den Wärmetauscher 20, welcher im Bereich des Ascheaustrages angeordnet ist, als Rückkühlmodul 18 auszuführen, womit eine direkte Deponierung der Asche möglich wird. Die ausgetragene Asche kann aber selbstverständlich, insbesondere dann, wenn als Rohstoff 2 Biomasse aus Agrarbauflächen verwendet wird, auch für Düngezwecke herangezogen werden, und ist es möglich die ausgetragene Asche einer dem Wärmetauscher 20 nachgeordneten Sackabfüllvorrichtung zuzuführen bzw. die Asche für Großabnehmer mittels zum Beispiel LKW oder Eisenbahnwagen abzutransportieren.

Selbstverständlich können bei der Ausführungsvariante der Anlage 1 nach Fig. 1 an geeigneten Stellen diverse Fördereinrichtungen 22, wie etwa Pumpen, Verdichter, Gebläse oder dergleichen, angeordnet sein, um damit einen optimalen Betrieb der Anlage 1 aufrecht zu erhalten. Derartige Fördereinrichtungen 22 können beispielsweise im Primärluftstrom bzw. in den diversen Oxidationsmittelströmen angeordnet sein, wie dies in Fig. 1 andeutungsweise dargestellt ist.

Diese Fördereinrichtungen 22 können mit der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 19 über Leitungen 23 verbunden sein, sodaß mit Vorteil beispielsweise ein von der jeweiligen Produktionsmenge abhängiges Fördervolumen an diversen Prozeßmedien automatisch geregelt werden kann.

Es ist auch möglich, daß die Zufuhr der Rohstoffe 2 zum Reformermodule 3 über Fördereinrichtungen 22 geregelt wird (in Fig. 1 nicht dargestellt). Mit dieser Steuer- und/oder Regeleinrichtung 19 können weiters diverse Meßwertgeber, wie beispielsweise Druckfühler, Temperaturfühler, Durchflußmeßgeräte oder dergleichen, verbunden sein, mit deren Hilfe bzw. mit den Werten, die von diesen Fühlern und Meßwertgebern erfaßt werden, die automatische Regelung und Steuerung der erfindungsgemäßen Anlage 1 möglich wird.

Derartige Fühler und Meßwertgeber können beispielsweise im Reformmodule 3, im Oxydationsmodule 8 bzw. in den Bereichen der Wärmetauscher 20, oder aber im Bereich des Energieerzeugungsmoduls 12 angeordnet sein. Damit ist eine Kontrolle der Temperatur im Reformmodule 3, welche beispielsweise für die optimale Reaktionsführung, insbesondere das Verhältnis von erzeugtem Kohlenmonoxyd zu Kohlendioxyd, erforderlich ist, möglich. Andererseits ist es dadurch möglich, daß mit Hilfe von Temperaturfühlern die Durchflußmenge durch die Wärmetauscher 20 auf optimale Betriebstemperatur für die Anlage 1 abgestimmt werden.

Natürlich ist damit auch eine Drucküberwachung im Reformmodule 3 möglich.

Aus Übersichtlichkeitsgründen wurde auf die Darstellung dieser Meßwertgeber und Fühler in der Fig. 1 verzichtet, und können für diese sämtliche dem Stand der Technik entsprechende Bauformen, wie beispielsweise Strahlungspyrometer, Widerstandsthermometer, Venturirohre oder dergleichen eingesetzt werden.

Als Fördermittel für die diversen Prozeßmedien, insbesondere das Brennstoffgas 5 und das Oxidationsmittel sowie die Verbrennungsluft bzw. das Brenngas für die Wärmeerzeugungsvorrichtung 6, werden vorzugsweise Rohrleitungen beliebigen Querschnittes und Durchmessers, welche insbesondere fluiddicht ausgeführt sind, eingesetzt. Selbstverständlich ist es möglich, derartige Fördereinrichtungen mit Wärmeschutzelementen zu ummanteln, um damit den Wirkungsgrad der Anlage 1 zu erhöhen und eventuell Wärmeverluste zu vermindern.

Während der Ausführungsvariante der Fig. 1 vorzugsweise für Rohstoffe, welche aus Biomasse bestehen, eingesetzt werden kann, ist es bei der Ausführungsvariante der Fig. 2 insbesondere auch möglich, für diese Rohstoffe 2, wie anfangs erwähnt, auch Sekundärrohstoffe, wie z. B. Kunststoffabfälle oder dergleichen, einzusetzen, bzw. ist es damit möglich, auch radioaktiv verseuchte Biomasse bzw. vergasungsfähige Biomasse, welche z. B. aus sogenannten C-Waffen stammt, einer Wiederverwertung zuzuführen.

Da für die Anlage 1 unterschiedliche zusammengesetzte Rohstoffe 2, welche insbesondere auch nicht vergasungsfähige Anteile enthalten, eingesetzt werden können, ist es möglich, vor dem Reformmodule 3 beispielsweise eine Sortiervorrichtung 24 anzuordnen. Diese kann beispielsweise zur Aussortierung von metallischen Bestandteilen aus dem Rohstoff 2 verwendet werden und als Magnetabscheider oder dergleichen ausgebildet sein.

Für nicht magnetische Bestandteile ist es unter Umständen erforderlich, daß eine händische Nachsortierung des Rohstoffes 2 erfolgen muß. Um dabei eine Kontamination des Personals mit diversen Krankheitserregern zu vermeiden,

insbesondere dann, wenn ein Teil des Rohstoffes 2 durch Krankenhaus gebildet wird, kann vor bzw. nach der Sortiervorrichtung 24 ein Sterilisationsmodul 25 angeordnet sein. Dieses Sterilisationsmodul kann zum Teil aus einem Elektronenbeschleuniger, einer Bestrahlungsvorrichtung für  $\gamma$ -Quanten bzw. einer Vorrichtung zur Begasung des Rohstoffes 2 mit beispielsweise Ethylenoxyd ausgebildet sein. Das Sterilisationsmodul 25 kann zur Erhöhung des Automatisierungsgrades der Anlage 1 diverse Fördermittel wie beispielsweise Förderbänder, diverse Stetigförderer oder dergleichen umfassen.

Selbstverständlich kann damit für den Fall, daß radioaktiv verseuchte Biomasse als Rohstoff 2 eingesetzt werden, die Radioaktivität des Rohstoffes 2 nicht herabgesetzt werden, und es ist zweckmäßig, in diesem Fall die entsprechenden Strahlenschutzmaßnahmen vorzusehen, wie beispielsweise Abschirmung entsprechender Teile mit Blei. Andererseits ist es möglich, daß derartige Anlagenteile, insbesondere das Sterilisationsmodul 25, mit den diversen Fördermittel in einem Bunker mit entsprechendem Betonmantel, dessen Dicke vorzugsweise im Bereich zwischen 1m und 4m liegt, bzw. diese Anlagenteile unterirdisch anzuordnen und damit die Strahlenschutzwirkung des umgebenden Erdreiches auszunützen.

Das Sterilisationsmodul 25 kann insbesondere auch mit der Steuer- und Regeleinrichtung 19 verbunden sein, sodaß damit ein automatischer Betrieb des Sterilisationsmoduls 25 möglich wird, und ist es andererseits möglich, den Behandlungsraum des Sterilisationsmoduls mit beispielsweise Videokamera zu überwachen, sodaß ein Zutritt des Bedienungspersonals in der Regel nur für Wartungsarbeiten von Nöten ist. Als Übertragungsmedien für elektrische Signale können dabei insbesondere auch Lichtleiter eingesetzt werden.

Die Sortiervorrichtung 24 kann weiters diverse Zerkleinerungsvorrichtungen, wie beispielsweise Shredder, Mühlen oder dergleichen umfassen, sodaß damit eine Zerkleinerung des Rohstoffes 2 auf die erwünschte Teilchengröße möglich ist. Derartige Zerkleinerungsvorrichtungen werden vorteilhaft eingesetzt, wenn das Reformermodule 3 als Wirbelschichtreaktor 4 ausgebildet ist, da zur Aufrechterhaltung des Wirbelbettes eine bestimmte Teilchengröße des Rohstoffes 2 von Vorteil ist. In diesem Zusammenhang kann es sich als Vorteil erweisen, wenn der Sortiervorrichtung 24 weiters diverse Siebeinrichtungen zur Sortierung nach Teilchengrößen, -fraktionen zugeordnet sind.

Natürlich kann die Sortiervorrichtung 24 entsprechende Fördermittel zur Rohstoffförderung, wie z. B. einen Bandförderer, einen Kettenförderer oder dergleichen, umfassen.

Die einzelnen Teile der Sortiervorrichtung 24 können selbstverständlich auch an geeigneter anderer Stelle innerhalb der Anlage 1 angeordnet werden, sofern dies zweckmäßig ist.

Nach einer eventuell notwendigen händischen Sortierung können die so vorbehandelten Rohstoffe 2 dem Reformermodule 3 zugeführt werden.

Da in diesem Fall die Rohstoffe 2 eine unterschiedliche Zusammensetzung aufweisen können, ist es möglich, daß diese Rohstoffe 2 Schwefelanteile, z.B. organisch gebundenen Schwefel, aufweisen. In diesem Fall kann im Reformermodule

3 ein Brennstoffrohgas 5 entstehen, welches neben den gewünschten Anteilen, insbesondere Wasserstoff und Kohlenmonoxid, auch unerwünschte Bestandteile enthält, wie beispielsweise Schwefelwasserstoff. Da, wie bekannt, Schwefelwasserstoff nicht nur übelriechende Eigenschaften aufweist, sondern auch bereits bei geringen Konzentrationen ein überdurchschnittlich großes Gefährdungspotential für die Gesundheit von Menschen aufweist, und zudem Schwefelwasserstoff korrodierend auf diverse Werkstoffe wirkt, kann zur Ausscheidung des Schwefelwasserstoffes aus dem Brennstoffrohgas 5 ein Entschwefelungsmodul 26 angeordnet sein. Dieses Entschwefelungsmodul 26 kann dabei zwischen dem Energieerzeugungsmodul 12 und dem Reformiermodul 3, insbesondere zwischen dem Oxydationsmodul 8 und einem eventuell diesem vorgeschalteten Wärmetauscher, 20 angeordnet sein.

Zur Entschwefelung ist es beispielsweise möglich, daß das Entschwefelungsmodul 26 nach dem Claus-Verfahren arbeitet, wonach in einer Brennkammer der Schwefelwasserstoff unter Zuführung von Luft unvollständig verbrannt wird, und sich dabei Schwefeldioxid und Wasserdampf bildet. Die hierbei entstehende Verbrennungstemperatur beträgt ca. 1400 °C, wobei diese Wärme in einem möglicherweise nachgeschalteten Abhitzekessel zur Erzeugung von Dampf ausgenutzt werden kann, welcher dem Reformiermodul 3 zugeführt werden kann. In diesem Fall besteht natürlich die Möglichkeit, daß das Entschwefelungsmodul 26 direkt nach dem Reformiermodul 3 angeordnet ist, um damit die Förderwege für das Brennstoffrohgas 5 zwischen dem Entschwefelungsmodul 26 und dem Reformiermodul 3 so kurz wie möglich zu halten, um eine eventuelle Abkühlung des Brennstoffrohgas 5 zu vermeiden.

Das bei diesem Prozeß entstehende Wasser kann selbstverständlich dem Reformiermodul 3 bzw. dem Oxydationsmodul 8 zugeführt werden.

Das entstandene Schwefeldioxid kann in der Folge einem dem Entschwefelungsmodul 26 zugeordneten Kontaktbehälter zugeführt werden, indem es durch Schwefelwasserstoff zu reinem Schwefel reduziert wird, wobei sich die Temperatur der Reaktionsgase wiederum erhöht, und diese Temperaturerhöhung über einen eventuell angeordneten Wärmetauscher 20 teilweise zurückgewonnen werden kann.

Der dabei entstandene Schwefel kann aus dem Entschwefelungsmodul 26 ausgetragen und beispielsweise zur Erzeugung von Schwefelsäure verwendet werden.

Für den Fall, daß das Brennstoffrohgas 5 nur geringe Mengen an Schwefelverbindungen, wie beispielsweise  $H_2S$ , COS oder dergleichen, enthält, ist es natürlich auch möglich, das Entschwefelungsmodul 26 als beispielsweise Adsorptionskolonnen auszubilden, wobei diese Adsorptionskolonnen z.B. mit Aktivkohle, Molekularsieben oder dergleichen gefüllt sein können. Es ist jedoch darauf zu achten, daß als Füllmaterial für derartige Adsorptionskolonnen keine Adsorbentien verwendet werden, welche den Gehalt an Wasserstoff bzw. Kohlenmonoxid im Brennstoffrohgas 5 verringern.

Selbstverständlich ist es auch möglich, daß zur Entfernung von S bzw.  $H_2S$  aus dem Brennstoffrohgas 5 beispielsweise Kalk verwendet wird, welcher z. B. als Lösung in



Absorptionstürmen mit den schwefelhaltigen Brennstoffrohgasen in Kontakt gebracht wird. Bei entsprechender Reaktionsführung kann der dabei entstehende Gips als Industriegips verwendet werden.

Selbstverständlich ist es aber auch möglich, daß die Rauchgase, bevor sie die Anlage 1 über den Kamin 21 verlassen, beispielsweise mit dem Ferrox-Verfahren, welches eine Suspension von Eisen (III)-hydroxyd in verdünnter Sodalösung verwendet, bzw. nach dem Thylox-Verfahren, bei welchem eine Natriumthioarsenat-Lösung als Oxidationsreiniger verwendet wird, welche durch Oxidation mit Luft regeneriert werden kann, entschwefelt werden.

Neben den Verfahren sind selbstverständlich sämtliche dem Stand der Technik entsprechenden Verfahren einsetzbar, soweit dadurch keine Beeinträchtigung der gewünschten Reaktionsprodukte zu erwarten ist.

Da bei der Ausführungsvariante der Anlage 1 nach Fig. 2 Rohstoffe 2 unterschiedlicher Zusammensetzung eingesetzt werden können, ist es unter Umständen erforderlich, die Rauchgase, welche die Anlage 1 über den Kamin 21 verlassen, einer gesonderten Reinigung zuzuführen, um damit eine Beeinträchtigung der Umwelt so gering wie möglich zu halten.

Dazu ist es beispielsweise möglich, daß zwischen dem zweiten Dampferzeugermodul 16 und dem Kamin 21 nach Fig. 1 ein Reinigungsmodul 27 angeordnet ist, welches beispielsweise aus zwei Absorptionskolonnen bestehen kann. Dabei kann eine Absorptionskolonne als Waschturm für saure Bestandteile und die zweite Absorptionskolonne als Waschturm für basische Bestandteile im Rauchgas herangezogen werden, sodaß derartige Bestandteile aus dem Rauchgas entfernt werden können.

Derartige Wäscher können sowohl diskontinuierlich als auch kontinuierlich betrieben werden, und ist es möglich, das Absorbens in flüssiger oder fester Form einzusetzen.

Es können auch Waschtürme eingesetzt werden, in welchen auf mehreren Böden das Absorbens verteilt ist, durch welches die Rauchgase hindurchgeführt werden. Eine mögliche Ausbildung ist beispielsweise eine Glockenbodenkolonne. Andererseits sind natürlich auch sogenannte Sprühtürme einsetzbar.

Werden die Waschtürme des Reinigungsmoduls 27 bei erhöhtem Druck betrieben, sodaß die im Rauchgas enthaltenen sauren und/oder basischen Inhaltsstoffe chemisch und/oder physikalisch gebunden werden, so ist es möglich, daß bei einer anschließenden Entspannung das Absorbens regeneriert werden kann.

Andererseits ist es natürlich möglich, umweltbeeinträchtigende Rauchgasinhaltsstoffe über Extraktoren zu entfernen.

Selbstverständlich können in der erfindungsgemäßen Anlage 1 an beliebiger Stelle weitere Reinigungsmodule 27 angebracht sein. So ist es z. B. möglich, daß zur Verhinderung einer Verschlackung von diversen Anlagenteilen im Brennstoffrohgasstrom ein Teerabscheider angeordnet ist.

Weiters kann die Anlage 1 zusätzliche Speichermodule 13 für Wasser, Elektrische Energie, Primärbrennstoffe, Sekundärbrennstoffe sowie Rohstoffe 2 umfassen.

Als Verfahren zur Verwertung von Biomasse, insbesondere Sekundärrohstoffe, hat sich die im folgenden beschriebene Vorgangsweise als vorteilhaft erwiesen.

Die Rohstoffe 2 werden nach einer eventuelle nötigen Vorbehandlung, wie z. B. einer Sterilisation, einer Sortierung und Abtrennung von nicht vergasungsfähigen Rohstoffbestandteilen, dem Reformermodule 3 zugeführt. Selbstverständlich ist es möglich, daß die Rohstoffe 2 aus dem Reformermodule 3 vorerwärmt zugeführt werden.

Die Rohstoffe 2 können dann im Reformermodule 3 mit einer Wärmeerzeugungsvorrichtung 6 auf die erforderlichen Reaktionstemperatur gebracht werden, und kann ein für die Reaktionsführung erforderlicher Druck im Reformermodule 3 eingestellt werden.

In die Wärmeerzeugungsvorrichtung 6 kann Erdgas, aus dem Verwertungsprozeß stammendes Schwachgas, Gemische daraus oder dergleichen eingespeist werden.

Als Oxidationsmittel kann in das Reformermodule 3 an ein oder mehreren Stellen Wasserdampf eingespeist werden, wobei dieser Wasserdampf vorzugsweise mit aus dem Verwertungsprozeß stammender Wärme erzeugt wird. Dazu ist es möglich, das Oxidationswasser mit Hilfe von mehreren Wärmetauschern 20 bzw. von Dampferzeugungsmodulen 16 zu erwärmen.

Das dem Reformermodule 3 entweichende Brennstoffrohgas 5, welches teiloxydierten Kohlenstoff sowie Wasserstoff als Hauptbestandteile, und eventuell Methan,  $\text{CO}_2$ , oder dergleichen als Nebenbestandteile enthält, wird zur Abscheidung von eventuell mitgeführten Staubpartikeln einem Entstaubungsmodul 7 zugeführt. Die beispielsweise mit einem Zyklon abgetrennten Feststoffpartikel können dem Reformermodule 3 erneut zugeführt werden.

Als Reaktionstemperatur kann im Reformermodule 3 eine Temperatur, welche im Bereich zwischen  $500^\circ\text{C}$  bis  $1000^\circ\text{C}$ , bevorzugt  $600^\circ\text{C}$  bis  $850^\circ\text{C}$ , liegt, verwendet werden.

Das das Entstaubungsmodul 7 verlassende Brennstoffrohgas 5 wird vorzugsweise durch einen Wärmetauscher 20 im Gegenstrom geführt, wobei mit diesem Wärmetauscher 20 wiederum Oxidationswasser vorerwärmt werden kann.

Zur Konvertierung des aus dem Vergasungsprozeß stammenden Kohlenmonoxids kann das Brennstoffrohgas 5 in der Folge einem Oxidationsmodul 8, beispielsweise einem Shift-Reaktor 9, zugeführt werden, in welchem das Kohlenmonoxid mit Hilfe von Wasser als Oxidationsmittel zu Kohlendioxid oxidiert wird, und dabei wiederum Wasserstoff entsteht. Der Wirkungsgrad dieser Reaktion liegt vorzugsweise im Bereich zwischen 0,8 bis 0,95.

Zur Erzeugung von vorzugsweise hochreinem Wasserstoff wird das aus dem Oxidationsmodul 8 entnommene Brennstoffrohgas 5 einem Gasreinigungsmodul 10 zugeführt. In diesem Gasreinigungsmodul 10 wird der Wasserstoff vorzugsweise mit Hilfe eines Metallmembranfilters, welcher nur für Wasserstoffatome durchlässig ist, abgetrennt. Die Dissoziationsgeschwindigkeit durch dieses Metallmembranfilter, welches beispielsweise rohrförmig ausgebildet sein kann, und insbesondere auch

mehrere Rohre zu einer Filtereinheit zusammengesetzt sein können, bzw. welches auch jede beliebige andere Ausbildung, wie beispielsweise plattenförmig, aufweisen kann, hängt von der Partialdruckdifferenz an Wasserstoff vor und nach dem Filter 11 ab, und kann diese somit über diese Partialdruckdifferenz gesteuert bzw. geregelt werden.

Das bei dieser Gasreinigung entstehende Schwachgas, welches noch verbrennbare Anteile, wie beispielsweise Methan, Restmengen Kohlenmonoxid oder dergleichen enthält, wird vorzugsweise der Wärmeerzeugungsvorrichtung 6 zur Verwertung zugeführt.

Das dem Gasreinigungsmodul 10 entnommene Wasserstoffgas kann in der Folge über einen Wärmetauscher 20, welcher wiederum zur Erwärmung von Oxidationswasser verwendet werden kann, soweit abgekühlt werden, daß entweder eine Lagerung in diversen Speichermodulen 13 und/oder dessen Einsatz im Energieerzeugungsmodul 12 möglich wird.

Im Energieerzeugungsmodul 12, welches z.B. als Brennstoffzelle 14 ausgebildet ist, wird der Wasserstoff zu Wasser oxidiert. Als Oxidationsmittel dient Sauerstoff, welcher entweder als Reinsauerstoff oder aber als Luft eingesetzt werden kann. Als Elektrolyt kann beispielsweise eine sogenannte PEM-Elektrolyt (Polymer-Elektrolyt-Membran) verwendet werden. Die an den Elektroden entlangstreichenden Gase werden dabei oxidiert (Wasserstoff) bzw. reduziert (Sauerstoff) und ist aufgrund der vonstattengehenden Elektronenübertragung ein elektrischer Stromfluß möglich, sodaß die entstehende bzw. umgewandelte Energie - es wird ja chemische Energie in elektrische Energie umgewandelt - einem Endverbraucher bzw. einem entsprechendem Speichermedium, wie beispielsweise einem Akkumulator zugeführt werden kann. Der in der Brennstoffzelle entstehende Gleichstrom kann mit einem Wechselrichter 15 in Wechselstrom umgewandelt werden.

Weiters besteht die Möglichkeit, daß der entstehende Wasserstoff nicht, bzw. nicht zur Gänze, verstromt wird, sondern beispielsweise entweder direkt über zum Beispiel Rohrleitung einem Endverbraucher, wie etwa der chemischen Industrie, zugeführt wird, bzw. daß dieser Wasserstoff in entsprechenden Speichermodulen 13 für den weiteren Verbrauch zwischengelagert werden kann. Diese Speichermodule 13 können selbstverständlich auch als Puffer für saisonal bedingte Kapazitätsschwankungen der Anlage 1 eingesetzt werden.

Ergänzend sei erwähnt, daß selbstverständlich die Möglichkeit besteht, daß die Rohstoffe 2 vor dem Einsatz im Reformermodule 3 einer gesonderten Trocknung unterzogen werden können, und daß für diese Trocknung die Abwärme aus dem Prozeß herangezogen werden kann.

Weiters ist es möglich, daß die Rohstoffe 2 in geeigneten Verpackungen, wie beispielsweise Kartons, Container oder dergleichen, der Sterilisation unterzogen werden. Damit wird mit Vorteil des Handling im Aufgabenbereich erleichtert. Als Vorteil erweist sich auch, wenn die Verpackung aus einem vergasungsfähigen Material besteht, sodaß eine Entpackung nicht von Nöten ist und die Rohstoffe 2 mit ihrer Verpackung nach einer eventuellen Zerkleinerung dem Reformermodule 3 zugeführt werden können.

Als Sammelbehälter, insbesondere für Hausmüll, können auch wiederverwertbare Behälter verwendet werden, beispielsweise aus Metall, wodurch der Aufbau eines regionalen Sammelnetzes möglich wird. Diese Sammelbehälter können unter Umständen der Sterilisation unterzogen werden, wodurch das Risiko einer möglichen Keimübertragung verringert werden kann.

Wird zur Sterilisation ein sogenannter Linealelektronenbeschleuniger verwendet, kann die dabei entstehende Abwärme selbstverständlich auch zur Vorerwärmung der diversen Rohstoffe verwendet werden.

Der für den Betrieb des Linearbeschleunigers benötigte elektrische Strom wird vorzugsweise aus der eigenen Produktion der Anlage 1 abgezweigt.

Die Verpackungen können dabei auch mit feuchtigkeitssperrenden Schichten, wie z.B. PE-Folien ausgekleidet sein.

Weiters besteht die Möglichkeit, daß die Rohstoffe 2 vor Ihrem Einsatz im Reformiermodul 3 in einer Pelletieranlage pelletiert werden, wodurch die Lagerung bzw. das Rohstoffhandling erleichtert werden kann.

Als Vorteil kann es sich erweisen, wenn der mit dem Energieerzeugungsmodul 6 im Energieerzeugungsmodul 16 erzeugte Strom zumindest teilweise zur Erzeugung von Wärmeenergie mit Wärmepumpen herangezogen wird, da somit eine bessere Ausnutzung der in den Rohstoffen 2 enthaltenen Energie erreicht werden kann.

Mit der erfindungsgemäßen Anlage 1 können selbstverständlich auch Tankstellen für mit Brennstoffzellen betriebenen Fahrzeuge verbunden sein.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, daß zum besseren Verständnis des Aufbaus der erfindungsgemäßen Anlage 1 diese bzw. deren Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrundeliegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

Vor allem können die einzelnen in den Fig. 1; 2 gezeigten Ausführungen den Gegenstand von eigenständigen, erfindungsgemäßen Lösungen bilden. Die diesbezüglichen, erfindungsgemäßen Aufgaben und Lösungen sind den Detailbeschreibungen dieser Figuren zu entnehmen.

## Bezugszeichenaufstellung

- |    |                                   |
|----|-----------------------------------|
| 1  | Anlage                            |
| 2  | Rohstoff                          |
| 3  | Reformermodul                     |
| 4  | Wirbelschichtreaktor              |
| 5  | Brennstoffrohgas                  |
| 6  | Wärmeerzeugungsvorrichtung        |
| 7  | Entstaubungsmodul                 |
| 8  | Oxidationsmodul                   |
| 9  | Shift-Reaktor                     |
| 10 | Gasreinigungsmodul                |
| 11 | Filter                            |
| 12 | Energieerzeugungsmodul            |
| 13 | Speichermodul                     |
| 14 | Brennstoffzelle                   |
| 15 | Wechselrichter                    |
| 16 | Dampferzeugermodul                |
| 17 | Wasseraufbereitungsmodul          |
| 18 | Rückkühlmodul                     |
| 19 | Steuer- und/oder Regeleinrichtung |
| 20 | Wärmetauscher                     |
| 21 | Kamin                             |
| 22 | Fördereinrichtung                 |
| 23 | Leitung                           |
| 24 | Sortiervorrichtung                |
| 25 | Sterilisationsmodul               |
| 26 | Entschwefelungsmodul              |
| 27 | Reinigungsmodul                   |

## Patentansprüche

1. Anlage zur Verwertung von Biomasse und/oder organischer Abfälle dadurch gekennzeichnet daß diese mit einem Reformermodul, welchem zumindest eine Wärmeerzeugungsvorrichtung zur Erhitzung eines Rohstoffes und/oder eines Oxidationsmittels mit zumindest einer Einrichtung zur Zufuhr des Primärbrennstoffes und/oder Sekundärbrennstoffes sowie zumindest jeweils eine Einrichtung zur Zufuhr des zumindest teilvergasungsfähigen Rohstoffes und eines Oxidationsmittels, z. B. Wasserdampf, oder dgl. und zumindest eine Einrichtung zur Ausbringung eines Brennstoffrohrgases und/oder eines Abgases und/oder eines Feststoffes, z. B. Asche oder dgl. und mit einem Gasreinigungsmodul, das (10) ein Filter (11), insbesondere eine Metallmembran umfaßt, angeschlossen ist, ausgeführt ist.
2. Anlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Filter (11) eine Porengröße aufweist, welche ausschließlich eine Diffusion von Wasserstoffatomen durch den Filter (11) ermöglicht.
3. Anlage nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das zumindest ein Teil des Filters (11) aus einer Metallegierung, z. B. einer Pd-Cu-, Pd-Ag-Legierung aufgebaut ist.
4. Anlage nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Filter (11) als Plattenfilter, Rohrfilter oder dgl. ausgebildet ist.
5. Anlage nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Reformermodul (3) als Wirbelschichtreaktor mit zumindest einem Wirbelbett, bevorzugt einem Wirbelbett zur Erhitzung der Edukte und einem Wirbelbett als endothermen Reaktionsteil, ausgebildet ist.
6. Anlage nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmeerzeugungsvorrichtung (16) als Pulsbrenner oder Röhrenbrenner vorzugsweise zur indirekten Beheizung des Reformermoduls (3) ausgebildet ist.
7. Anlage nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anlage zumindest einen Wärmetauscher (20), z. B. einen Platten-, Rohrbündel-, Spiral-, Kerzenwärmetauscher oder dgl. umfaßt.
8. Anlage nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Verdampfung des Oxidationsmittels zumindest ein Dampferzeugermodul (16), vorzugsweise zwischen einem Kamin (21) und dem Reformermodul (3) angeordnet ist.

9. Anlage nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in der Anlage zumindest ein Entstaubungsmodul (7), z. B. ein Massenkraftabscheider wie z. B. ein Zyklon, eine Staubabsetzkammer, ein Tuchfilter, einen Elektrofilter, ein Naßabscheider wie z. B. ein Venturiwäscher, oder dgl., bevorzugt nach dem Reformersmodul (3) und vor einem Oxidationsmodul (8) angeordnet ist.
10. Anlage nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bevorzugt zwischen dem Entstaubungsmodul (7) und dem Gasreinigungsmodul (10) zumindest ein Oxidationsmodul (8), insbesondere ein Shift-Reaktor (9) angeordnet ist.
11. Anlage nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anlage ein Energieerzeugungsmodul (12), insbesondere zumindest eine Brennstoffzelle (14) umfaßt.
12. Anlage nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anlage (1) zumindest eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung (19) umfaßt.
13. Anlage nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuer- und/oder Regeleinrichtung (19) zumindest einen Meßwertgeber bzw. Fühler zur Messung einer Temperatur, eines Druckes, einer Durchflußmenge oder dgl. zugeordnet, insbesondere über Leitungen (23) verbunden ist.
14. Anlage nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bevorzugt dem Reformersmodul (3) eine Sortiervorrichtung (24) insbesondere zur automatischen und/oder händischen Sortierung von Sekundärrohstoffen vorgeordnet ist.
15. Anlage nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Sortiervorrichtung (24) einen Metallabscheider, beispielsweise einen Magnetabscheider, und/oder eine Zerkleinerungsvorrichtung, z.B. einen Shredder, eine Mühle, oder dgl. und/oder einen Sortierer und/oder einen Klassierer und/oder Fördermittel zur Rohstoffförderung, wie z.B. einen Bandförderer, einen Kettenförderer oder dgl. umfaßt.
16. Anlage nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bevorzugt vor der Sortiervorrichtung (24) ein Sterilisationsmodul (25), z. B. ein Elektronenbeschleuniger, eine Bestrahlungsvorrichtung mit  $\gamma$ -Quanten, eine Begasungsvorrichtung mit Ethylenoxid oder dgl. angeordnet ist.
17. Anlage nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anlage zumindest ein Reinigungsmodul (27) zur Abgaswäsche, z. B. für sauer reagierende bzw. basisch reagierende Gasinhaltsstoffe, bevorzugt vor dem Kamin (21) umfaßt.

18. Anlage nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Reinigungsmodul (27) durch zumindest einen Absorptionsturm mit flüssigem oder/festen Absorbens ausgebildet ist.
19. Anlage nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anlage Speichermodule (13), insbesondere für Wasserstoff und/oder Methanol, Wasser, elektrische Energie, Primärbrennstoffe, Sekundärbrennstoffe oder dgl. umfaßt.
20. Anlage nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß vorzugsweise vor dem Gasreinigungsmodul (10) ein Entschwefelungsmodul (26) angeordnet ist.
21. Verfahren zur Verwertung von Biomasse und/oder organischen Abfällen, insbesondere mit einer Anlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 20, wobei in einem Reformiermodul bei erhöhter Temperatur und/oder Druck ein Teil des Rohstoffes durch Teiloxidation mit Wasserdampf in ein CO- und H<sub>2</sub>-haltiges Gas konvertiert wird, z.B. Synthesegas, Wassergas, Generatorgas oder dgl. und von diesem Gas in einem Gasreinigungsmodul ein Teil, insbesondere Wasserstoff abgetrennt wird, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Volumina die von dem Filter des Gasreinigungsmoduls getrennt werden eine Partialdruckdifferenz eingestellt wird, die eine Diffusion eines Bestandteiles des Gases durch den Filter ermöglicht.



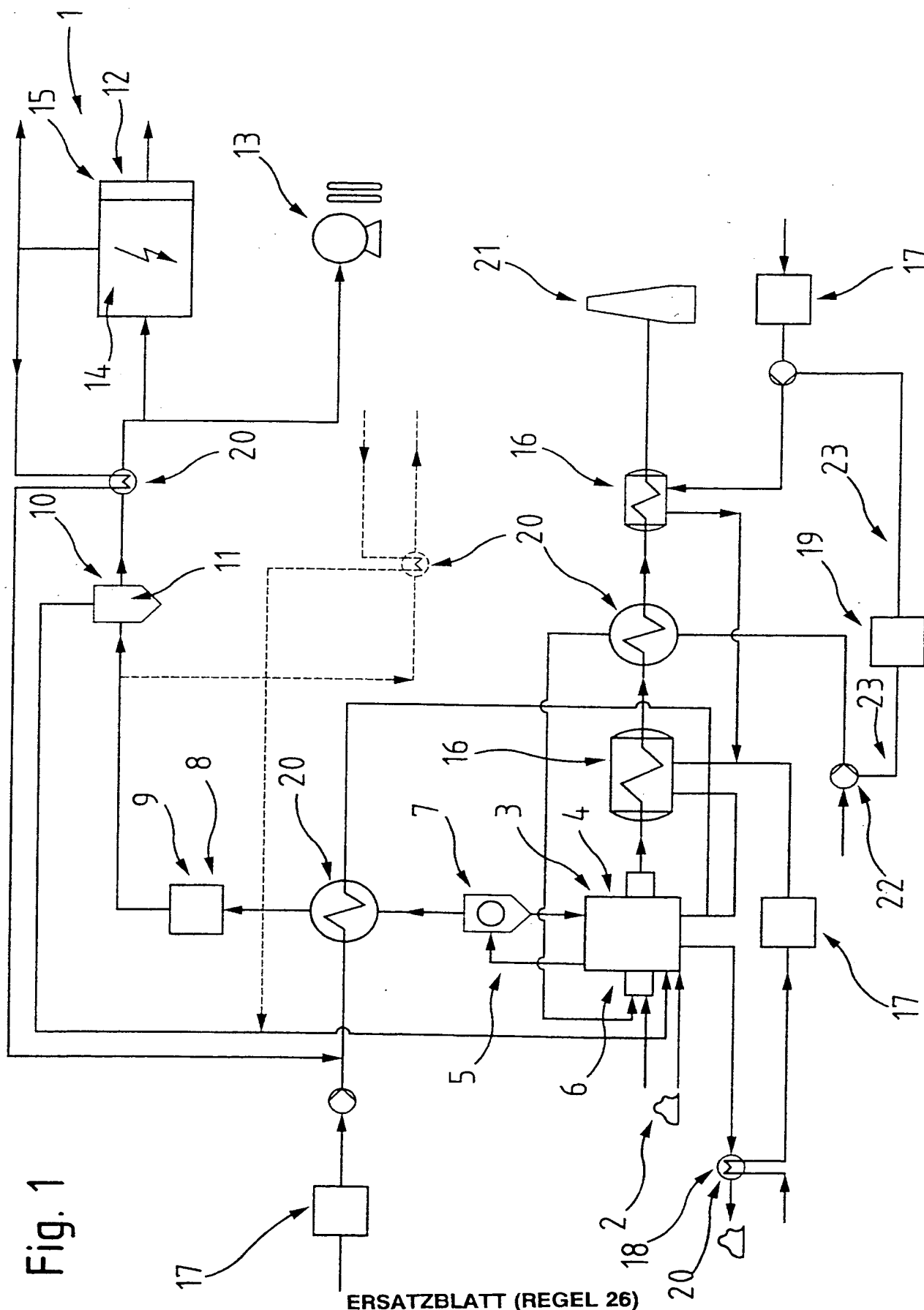


Fig. 1

**ERSATZBLATT (REGEL 26)**

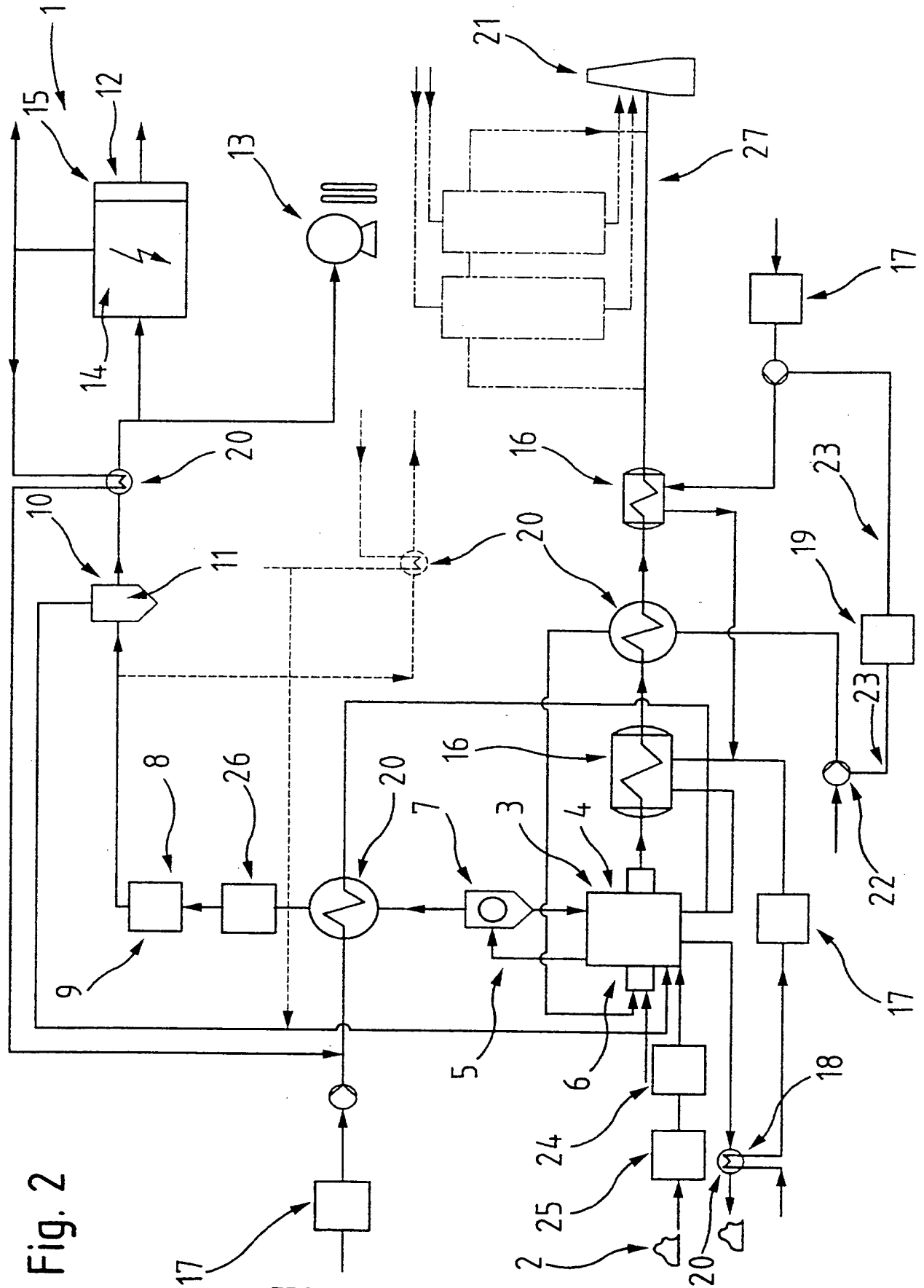


Fig. 2

ERSATZBLATT (REGEL 26)

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/AT 99/00102

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 C10J3/00 C10J3/54 C10J3/82

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 C10J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 292 987 A (TOGNAZZO VALERIO) 30 November 1988 (1988-11-30)	1,2, 7-13,21
Y	claims; figures	3-6, 14-20
Y	EP 0 081 669 A (KERNFORSCHUNGSANLAGE JUELICH) 22 June 1983 (1983-06-22)	3,4
Y	FR 2 580 660 A (GAU GEORGES) 24 October 1986 (1986-10-24)	5,6
Y	EP 0 609 802 A (JUCH HELMUT) 10 August 1994 (1994-08-10)	14-16
	claims	
	-/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 October 1999

Date of mailing of the international search report

15/10/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Meertens, J

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/AT 99/00102

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No
Y	EP 0 512 305 A (DANECO DANIELI ECOLOGIA SPA) 11 November 1992 (1992-11-11) column 1, line 45 -column 2, line 38; claims; figures -----	17-20

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/AT 99/00102

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0292987	A	30-11-1988	IT 1218575 B	19-04-1990
			AT 66243 T	15-08-1991
			AU 599234 B	12-07-1990
			AU 1675988 A	01-12-1988
			AU 1949788 A	21-12-1988
			BG 60273 B	31-03-1994
			CA 1335862 A	13-06-1995
			CN 1038830 A,B	17-01-1990
			DD 285819 A	03-01-1991
			DE 3864190 A	19-09-1991
			DK 596189 A	26-01-1990
			WO 8809363 A	01-12-1988
			EP 0362281 A	11-04-1990
			FI 92600 B	31-08-1994
			GR 3003049 T	17-02-1993
			IE 60823 B	24-08-1994
			IL 86540 A	10-06-1997
			JP 2515870 B	10-07-1996
			JP 2504157 T	29-11-1990
			MW 6289 A	09-05-1990
			OA 9103 A	31-10-1991
			RO 110529 A	30-01-1996
			SU 1811535 A	23-04-1993
			US 5310411 A	10-05-1994
EP 0081669	A	22-06-1983	DE 3149084 A	23-06-1983
			DE 3149155 A	23-06-1983
			CA 1192847 A	03-09-1985
			SU 1272970 A	23-11-1986
			US 4496373 A	29-01-1985
			JP 58104605 A	22-06-1983
FR 2580660	A	24-10-1986	NONE	
EP 0609802	A	10-08-1994	AU 5856494 A	29-08-1994
			WO 9418287 A	18-08-1994
EP 0512305	A	11-11-1992	IT 1248156 B	05-01-1995
			AT 124077 T	15-07-1995
			DE 69203035 D	27-07-1995
			DE 69203035 T	26-10-1995
			DK 512305 T	21-08-1995
			ES 2073807 T	16-08-1995
			GR 3017408 T	31-12-1995
			US 5262577 A	16-11-1993

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 C10J3/00 C10J3/54 C10J3/82

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 C10J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 292 987 A (TOGNAZZO VALERIO) 30. November 1988 (1988-11-30) Ansprüche; Abbildungen	1,2, 7-13,21 3-6, 14-20
Y	---	
Y	EP 0 081 669 A (KERNFORSCHUNGSANLAGE JUELICH) 22. Juni 1983 (1983-06-22) Ansprüche; Abbildungen	3,4
Y	---	
Y	FR 2 580 660 A (GAU GEORGES) 24. Oktober 1986 (1986-10-24) Ansprüche; Abbildungen	5,6
Y	---	
Y	EP 0 609 802 A (JUCH HELMUT) 10. August 1994 (1994-08-10) Ansprüche	14-16
	---	
	-/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

6. Oktober 1999

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

15/10/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Meertens, J

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 0 512 305 A (DANECO DANIELI ECOLOGIA SPA) 11. November 1992 (1992-11-11) Spalte 1, Zeile 45 -Spalte 2, Zeile 38; Ansprüche; Abbildungen -----	17-20

## INTERNATICALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung: Angaben, die zur selben Patentfamilie gehören

nationales Aktenzeichen

PCT/AT 99/00102

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0292987 A	30-11-1988	IT 1218575 B	19-04-1990
		AT 66243 T	15-08-1991
		AU 599234 B	12-07-1990
		AU 1675988 A	01-12-1988
		AU 1949788 A	21-12-1988
		BG 60273 B	31-03-1994
		CA 1335862 A	13-06-1995
		CN 1038830 A, B	17-01-1990
		DD 285819 A	03-01-1991
		DE 3864190 A	19-09-1991
		DK 596189 A	26-01-1990
		WO 8809363 A	01-12-1988
		EP 0362281 A	11-04-1990
		FI 92600 B	31-08-1994
		GR 3003049 T	17-02-1993
		IE 60823 B	24-08-1994
		IL 86540 A	10-06-1997
		JP 2515870 B	10-07-1996
		JP 2504157 T	29-11-1990
		MW 6289 A	09-05-1990
		OA 9103 A	31-10-1991
		RO 110529 A	30-01-1996
		SU 1811535 A	23-04-1993
		US 5310411 A	10-05-1994
EP 0081669 A	22-06-1983	DE 3149084 A	23-06-1983
		DE 3149155 A	23-06-1983
		CA 1192847 A	03-09-1985
		SU 1272970 A	23-11-1986
		US 4496373 A	29-01-1985
		JP 58104605 A	22-06-1983
FR 2580660 A	24-10-1986	KEINE	
EP 0609802 A	10-08-1994	AU 5856494 A	29-08-1994
		WO 9418287 A	18-08-1994
EP 0512305 A	11-11-1992	IT 1248156 B	05-01-1995
		AT 124077 T	15-07-1995
		DE 69203035 D	27-07-1995
		DE 69203035 T	26-10-1995
		DK 512305 T	21-08-1995
		ES 2073807 T	16-08-1995
		GR 3017408 T	31-12-1995
		US 5262577 A	16-11-1993

Formblatt PCT/ISA/210 (Anhang Patentfamilie) (Juli 1992)